



Universitatea Tehnică a Moldovei

IMPLEMENTAREA NANOMATERIALELOR ÎN DOMENIUL CONSTRUCȚIILOR

Masterand:

Butnaru Vadim

Conducător:

**Croitoru Gheorghe
Conf. univ., dr.**

Chișinău, 2022

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII
MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Construcții, Geodezie și Cadastru
Departamentul Inginerie, Drept și Evaluarea Imobilului**

Admis la susținere:

Șef departament IDEI, Dr. hab., prof. univ.

_____ Svetlana Albu

” ” _____ 2021

IMPLEMENTAREA NANOMATERIALELOR ÎN DOMENIUL CONSTRUCȚIILOR

Teză de master

Student: _____ Butnaru Vadim, MPC-2006

Conducător: _____ Croitoru Gheorghe, conf. univ., dr.

Chișinău, 2022

REZUMAT

Prezenta teză de master intitulată “Implementarea nanomaterialelor în domeniul construcțiilor”, în vederea susținerii tezei de master are ca scop studiul cercetării și implementării nanomaterialelor în toate sectoarele de dezvoltare a construcțiilor, cum ar fi: edificarea, reconstruirea, renovarea, etc. Siguranța, stabilitatea și dezvoltarea continuă satisface și menține drepturile tuturor cetățenilor din ultimele decenii până în prezent. Astfel, în partea de introducere se prezintă calitatea și noile tehnologii implementate pe piața internațională a nanomaterialelor în construcții.

Lucrarea este structurată după modelul dat și are ca conținut următoarele:

- 3 capitole
- figuri
- tabele
- surse bibliografice
- anexe

Lucrarea menționată supra cuprinde 3 capitole în care se descrie detaliat procesul de implementare a nanoparticulelor în materialele de construcție, utilizarea nanomaterialelor în domeniul construcțiilor, cât și exemple reale a construcțiilor edificate cu utilizarea nanomaterialelor.

În capitolul 1 este descris procesul de implementare a nanoparticulelor în materialele de construcții cu abordările și specificațiile corespunzătoare.

În al doilea capitol se descrie succint compoziția și modul de elaborare a nanomaterialelor, utilizate pe piața internațională.

În al treilea capitol, se prezintă construcțiile edificate, cât și cele restaurate complet/parțial din ultimii 20 ani și până în prezent, cât și a unei construcții proiectate individual, la construcția căreia pot fi utilizate nanomateriale.

Principala problemă discutată în această lucrare este faptul că multe clădiri încă mai folosesc materiale tradiționale în anvelopele clădirii, fie cele convenționale sau performante. În consecință, clădirile cu materiale tradiționale cresc consumul de energie, maximizează costurile inițiale și operaționale. În plus, această lucrare demonstrează valoarea adăugării de nanomateriale la elementele clădirii și efectul acesteia asupra performanței interactive a acestora.

Scopul principal al prezentei lucrări este studiul pieței de nanomateriale pentru construcții, ceea ce va contribui la însușirea folosirii acestor tipuri de materiale în domeniul

construcțiilor, deoarece piața este mereu în proces de dezvoltare continuă, informația fiind necesară cetățenilor, în vederea dezvoltării noilor tendințe în tehnologia construcțiilor.

CUPRINS

INTRODUCERE	9
1. METODOLOGIA CERCETĂRII. NANOPARTICULELE UTILIZATE ÎN MATERIALE DE CONSTRUCȚIE	13
1.1. Generalități	13
1.2. Nanoparticule proiectate	16
1.3. Metode	18
1.4. Nanoparticulele în materialele de construcție. Betonul	18
1.5. Nanoparticulele în materialele de construcție. Betonul asfaltic	20
1.6. Nanoparticulele în materialele de construcție. Cărămizi	21
1.7. Nanoparticulele în materialele de construcție. Mortarul	22
1.8. Nanoparticulele în materialele de construcție. Lemnul	23
1.9. Nanoparticulele în materialele de construcție. Oțelul	24
2.UTILIZAREA NANOMATERIALELOR ÎN DOMENIUL CONSTRUCȚIILOR	26
2.1. Generalități	26
2.1.1 Modul de funcționare	27
2.1.2 Efectul de lotus	28
2.1.3 Avantaje	28
2.1.4 Competiția prețurilor.....	28
2.1.5 Performanța tehnică	29
2.1.6 Vânzările de nanoproduse.....	29
2.2 Nanoprodusele pe șantierele de construcții	30
2.3 Cimenturi, betoane și mortar umed	32
2.4 Izolații și vopseluri	45
2.4.1 Vopseluri de pereți foto-catalitice, antibacteriene și cu auto-curățare	46
2.4.2. Nanoizolații pentru suprafețe din lemn	46
2.4.3 Nanoizolații pentru sticlă	47
2.4.4 Nanotehnologii în industria vopselelor	49
2.5 Riscuri pentru sănătate	51
3. IMPLEMENTAREA NANOMATERIALELOR ÎN DOMENIUL CONSTRUCȚIILOR. STUDIUL DE CAZ	53

3.1. Construcții din Europa la care au fost folosite nanomateriale	53
3.1.1. Reconstrucția unei clădiri de birouri în Bruxelles (Belgia)	53
3.1.2. Restaurarea structurii podului din Castellone (Spania)	53
3.1.3. Repararea structurală și reutilizarea betonului (turnul de răcire - Slovacia)	55
3.1.4. Reconstruirea unei clădiri rezidențiale cu mai multe etaje în Londra (Marea Britanie).....	55
3.1.5. Reconstruirea unei scării de intrare dintr-o clădire privată (Elveția)	56
3.2. Construcțiile din Egipt la care au fost folosite nanomateriale	57
3.2.1. Proiect comercial Eastown District, New Cairo (EDNC), Egipt	58
3.2.2. Complex durabil de utilizare mixtă din Cairo, Egipt	59
3.3. Clădirea de locuit S+P+1E, proiectată individual.....	60
<i>BIBLIOGRAFIE</i>	64
<i>ANEXE</i>.....	66

INTRODUCERE

Din toate timpurile omul a tins spre a crea și a descoperi ceva nou. Prin acțiunile sale oamenii tind spre a spori atât calitatea cât și confortul propriu. În prezent omul a elaborat noi tehnologii și produse pentru a își face o viață mai ușoară și a face economii. Astfel, la momentul actual sunt elaborate diverse strategii de dezvoltare în diverse sectoare ale economiei, cele mai actuale fiind implementarea în practică a nanoproduselor. Totuși considerăm că la o etapă de progresare continuă, care va spori confortul omului, se află noile nanotehnologii și nanoproduse în sectorul construcțiilor capitale.

Datorită unei orientări constante a pieței către produse mai rezistente, mai durabile și mai ieftine, produse folosite în industria construcțiilor, se impune o activitate continuă de cercetare și dezvoltare. Unul din progresele tehnologice, cele mai recente, care pot fi aplicate în acest domeniu al cercetării și dezvoltării este nanotehnologia. Nanotehnologia înseamnă - capacitatea de observare, monitorizare și influențare a materialelor (și a comportamentului acestora) până la detalii la scară nanometrică (de exemplu, dimensiuni de circa 10.000 ori mai mici decât grosimea unui fir de păr). Aceasta presupune tehnici imagistice avansate pentru studierea și îmbunătățirea comportamentului materialelor, dar și conceperea și producerea unor pulberi foarte fine, a unor materiale lichide sau solide, care conțin particule cu dimensiunea cuprinsă între 1 și 100 nm, așa-numitele nanoparticule. Companiile folosesc aceste nanoparticule pentru a-și înzestra produsele cu proprietăți noi sau îmbunătățite. Ca exemple se pot menționa izolațiile transparente pentru ferestre, care reflectă razele infraroșii, pentru menținerea unui climat interior mai bun, betoanele ultra rezistente, care permit realizarea de construcții mai suple și mai ușoare și izolațiile cu auto-curățare, care permit de asemenea și reducerea nivelului de poluare a aerului cu compuși organici.

Gradul de conștientizare a diferiților factori din industria construcțiilor cu privire la disponibilitatea și performanțele nanomaterialelor este foarte limitat. Astfel, din punct de vedere al dezvoltării continue a societății, se consideră că această temă este actuală pentru evaluatorii de bunuri imobile, deoarece noile produse vor mări confortul și calitatea vieții oamenilor, astfel se va mări și valoarea bunurilor imobile. Deci fiecare evaluator de bunuri imobile trebuie să fie informat despre nanoprodusele ce se aplică în construcții.

Principalele tipuri de produse identificate la momentul actual pe piața Republicii Moldova sunt materiale de finisări cu nanoparticule, nanoizolații (învelișuri) și materialele izolante. Se observă, că doar o cantitate limitată de nanoproduse reușește să ajungă pe șantierele de construcții, din cauza lipsei de conștientizare și a faptului că ingredientele nanodimensionale

sunt adesea prea costisitoare pentru a avea drept rezultat produse competitive. Totuși, în prezent se desfășoară activități intensive de cercetare și dezvoltare și se așteaptă ca, pe viitor, cota de piață nanoproductelor, ca și diversitatea acestora să crească, datorită caracteristicilor unice pe care acestea le prezintă/se consideră că le prezintă.

În prezent izolațiile de tip nano sunt de obicei rămase „în urmă” ca nivel de dezvoltare în raport cu alte produse pentru construcții cum ar fi betonul sau materialele izolante, iar metodele de aplicare a nanomaterialelor devin din ce în ce mai cunoscute în rândul fabricanților de produse. Prin urmare Întreprinderile Micro, Mici și Mijlocii încep să joace un rol și în domeniul vopselurilor și materialelor izolante și să-și producă propriile linii de produse.

Nanoprodusele pentru construcții sunt unice datorită caracteristicilor lor, dar pot, de asemenea, să prezente riscuri noi legate de sănătate și securitate atât pentru lucrătorii de pe șantiere, cât și pentru populație în general. Din cauza gradului de noutate a nanomaterialelor și nanoproductelor, în general, aceste riscuri legate de sănătate și securitate de abia încep să fie înțelese. Există diverse întrebări deschise privitoare la riscurile pentru sănătate și cinetica expunerii la nanomateriale și nanoproduse. Pe de altă parte, există vaste cunoștințe și experiență în domeniul evaluării sănătății și securității ocupaționale și al managementului riscurilor de expunere. Provocarea pe care o prezintă lucrul cu nanoproduse constă în folosirea a ceea ce știm pentru a afla ceea ce nu știm. Toate acestea, împreună cu așteptările mari, privind potențialul pieței de nanoproduse în viitorul apropiat, conduc la importanța faptului de a urmări evoluțiile înregistrate în domeniul nanotehnologiei încă de la început și de a conștientiza existența unor incertitudini în ceea ce privește aspectele legate de sănătate și securitate, asociate nanomaterialelor și nanoproductelor, pentru a lua măsuri adecvate atunci când este nevoie.

Cota de piață totală a nanoproductelor în industria construcțiilor este încă mică și se consideră a fi aplicată pe piețele de nișă. Totuși se așteaptă ca această cotă să crească în viitorul apropiat, iar nanoparticulele să joace un rol important ca bază a proiectării, dezvoltării și producției de materiale pentru industria construcțiilor. Nanoprodusele pot fi deja găsite, în principiu, în aproape fiecare parte a unei case sau a unei construcții obișnuite.

Există din ce în ce mai multe dovezi ale faptului că nanomaterialele ar putea prezenta mai multe riscuri pentru organismele umane decât echivalenții lor la scară micro. Totuși, accentul ar trebui să cadă pe cuvântul „ar putea” deoarece în acest moment deținem prea puține cunoștințe pentru a putea generaliza. Prin urmare este recomandată o abordare precaută vizavi de lucrul cu aceste materiale. Oricum viitorul este caracterizat de prezența acestor nanoparticule în fiecare material de construcție al caselor. Cei doi factori principali, care influențează toxicitatea nouă a nanomaterialelor, sunt dimensiunea și forma.

Datorită dimensiunilor reduse ale nanoparticulelor (fie bidimensionale, nanorozi, sau tridimensionale, nanoparticule), proprietățile lor electronice se comportă în mod diferit, fapt care se reflectă în reactivitatea lor chimică, făcându-le să devină mai agresive în raport cu funcționarea normală a corpului uman. De exemplu, o serie de nanomateriale studiate induc efecte inflamatoare mai pronunțate (printr-un mecanism numit stres oxidativ), se aglomerează sau se leagă mai eficient de anumite părți ale corpului omenesc, împiedicându-le să funcționeze normal. Mai mult, datorită dimensiunilor lor reduse, suprafața lor este relativ mult mai mărită în raport cu volumul particulelor componente (și cu masa), făcându-le mult mai reactive per unitate de masă. Reducerea dimensiunilor și modificarea proprietăților electronice influențează de asemenea și comportamentul lor fizic.

Pe lângă dimensiune, forma specifică a nanoparticulelor joacă un rol cheie în ceea ce privește comportamentul toxic al materialelor. De exemplu, acolo unde particulele pot fi relativ netoxice, nanorozii se pot comporta ca niște veritabile ace, care perforază țesutul uman. Cu toate acestea, se observă și contrariul: nanoparticule care (datorită dimensiunii și proprietăților lor de suprafață) pot trece bariere umane specifice. Alți factori, care s-au dovedit a juca un rol important în producerea unor riscuri de sănătate nano-tipice sunt starea de agregare și aglomerare a materialului și morfologia acestuia (amorfă sau cristalină), care influențează șansele efective de a fi expus la materiale nanodimensionale, precum și intensitatea oricăror riscuri potențiale asociate materialului în cauză. Totuși, indiferent de riscurile intrinseci, cheia oricărui risc pentru sănătate pe care îl prezintă nanomaterialele este șansa de expunere.

Chiar dacă nanoparticulele, în prezent, prezintă unele riscuri ale sănătății oamenilor considerăm că acesta este viitorul și pe parcursul evoluției aceste produse se vor perfecționa și vor spori nu doar calitatea și confortul vieții oamenilor.

Obiectivul de bază al tezei de master este cercetarea și analiza posibilității de utilizare a nanomaterialelor în domeniul construcțiilor în Republica Moldova, ca urmare a dezvoltării nanotehnologiilor.

Elaborarea tezei de master s-a realizat, având la bază următoarele **obiective specifice**:

- studiul pieței de nanomateriale, care pot fi utilizate în domeniul construcțiilor;
- analiza specificațiilor tehnice a nanomaterialelor;
- analiza particularităților de punere în operă a nanomaterialelor;
- analiza posibilelor riscuri de utilizare a nanomaterialelor și consecințele acestora pentru sănătatea oamenilor;

- studiul pieței de clădiri edificate în țările Europene și Egipt;
- implementarea nanomaterialelor în construcțiile viitoare supuse edificării.

BIBLIOGRAFIE

1. **Sobolev K., Shah S.P.** Nanotechnology in Construction, Proceedings of NICOM5. Springer; Cham, Switzerland: 2015. pp. 3–285.
2. **Nanomaterials Market—Allied Market Research;** Disponibil online: <https://www.alliedmarketresearch.com/nano-materials-market>.
3. **Nazari A., Riahi S.** Al₂O₃ nanoparticles in concrete and different curing media. *Energy Build.* 2011;43:1480–1488.
Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778811000624?via%3Dihub>
4. **Xing B., Vecitis C.D., Senesi N.** Engineered Nanoparticles and the Environment: Biophysicochemical Processes and Toxicity. John Wiley & Sons; Somerset, NJ, USA: 2016. (Google scholar)
5. **Piccinno F., Gottschalk F., Seeger S., Nowack B.** Industrial production quantities and uses of ten engineered nanomaterials in Europe and the world. *J. Nanoparticle Res.* 2012;14:1109. (Google Scholar)
6. **Konsta-Gdoutos M.S., Metaxa Z.S., Shah S.P.** Multi-scale mechanical and fracture characteristics and early-age strain capacity of high performance carbon nanotube/cement nanocomposites. *Cem. Concr. Compos.* 2010;32:110–115. (Google Scholar)
7. **Nejad F.M., Azarhoosh A., Hamedi G., Azarhoosh M.** Influence of using nonmaterial to reduce the moisture susceptibility of hot mix asphalt. *Constr. Build. Mater.* 2012;31:384–388.
8. **Stefanidou M., Karozou A.** Testing the effectiveness of protective coatings on traditional bricks. *Constr. Build. Mater.* 2016;111:482–487. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.02.114. (Google Scholar)
9. **Mohamed A.S.Y.** Nano-Innovation in Construction, A New Era of Sustainability; Proceedings of the International Conference on Environment and Civil Engineering; Pattaya, Thailand. (Google scholar)
10. **Pavel, A.,** Tendințe moderne în știința și tehnologia noilor materiale. Nanotehnologiile, miracolul mileniului. Știință și Inginerie, vol. 18, Editura AGIR, București 2010, ISSN 2067-7138, pag. 411-418.
11. Нанотехнология для быстрого и успешного ремонта бетона. Disponibil: <http://ssr33.ru/docs/catalogs/basf-nanotechnology.pdf>
12. THE CONCEPT OF APPLICATION OF NANOMATERIALS ON THE ENVELOPE FACADE OF BUILDINGS IN EGYPT.
Disponibil: <https://www.jeasonline.org/paper/1187/download>

13. Vadim Butnaru. Teză de licență, București 2020, Universitatea Tehnică de Construcții București. Facultatea de Construcții Civile, Industriale și Agricole.